KYBERNETIK UND DAS PSYCHOPHYSISCHE PROBLEM

von

J. ZEMAN, Prag

Mitteilung an dem I. Kongress für medizinische Kybernetik, Neapel, 1960

1. Die Kybernetik widmet eine grosse Aufmerksamkeit den Fragen des menschlichen Gehirns und des Denkens. Deshalb muss sie unbedingt auch solche Probleme wie das Problem der Seele und des Körpers, des Bewusstseins und der Materie, des Psychischen und des Physischen berühren. Meiner Ansicht nach bringt die Kybernetik zur Aufklärung des psychophysischen Problems viele Anregungen.

Wie bekannt gibt es verschiedene Ansichten über dieses Problem. Der Mechanizismus überführt alle psychischen Erscheinungen einseitig auf die Erscheinungen irgendeines niedrigeren Typus — auf die physiologischen. chemischen oder mechanischen Erscheinungen. Der Idealimus nimmt an, dass eigentlich nur die psychischen Erscheinungen existieren: entweder, dass alle — also auch die physiologischen Erscheinungen nur in den Bewusstseinstatsachen (subjektiver Idealismus) existieren, oder, das Physische sei nur eine Äusserung der psychischen Substanz, durch die es gelenkt und beherrscht ist (objektiver Idealismus). Der Dualismus trennt das Psychische und das Physische voneinander: Descartes fasst sie als zwei voneinander unabhängige Substanzen *(res cogitans* und *res extensa)* auf und hinterlasst seinen Nachfolgern die schwierige Frage wie ihre wechselseitige Kommunikation zu erklären. Der Fechnersche psychophysische Parallelismus sieht das Psychische und das Physische als zwei parallel existierende Seiten, die aufeinander nicht einwirken und die man (nach dem Spinozischen Muster) von aussen oder von innen anschauen kann — ähnlich wie die innere oder die äussere Seite einer Kugel von verschiedener Ansicht. Der dialektische Materialsmus lehnt diese Darstellungen ab un lehrt, dass man das Psychische und das Physische weder gegenseitig reduzieren, noch voneinander abreissen kann, sondern, dass sie in der dialektischen Beziehung des Substrats und der Form, der Substanz und der Funktion sind: Das psychische Geschehen ist eine Funktion der physiologischen Prozesse der Gehirnmaterie; diese physiologischen Prozesse können ohne psychische Äusserungen verlaufen, nicht aber umgekehrt. Die psychsischen Erscheinungen sind Folgerungen des physiologischen Substrats, sie sind seine Form und Funktion und als funktionelle Äusserungen beeinflussen sie gleichzeitig rückwirkend die Gehirnsubstanz.

In gewissem Masse gibt est hier eine Ähnlichkeit mit der Aristotelschen Auffassung der Beziehung zwischen Stoff und Form, allerdings zugleich gibt es hier eine Reihe von Unterschieden. Bei Aristoteles handelt es nich um zwei verschiedene Prinzipien — um den passiven bewegten Stoff und um die aktive bewegende Form, die dem Stoff Gestalt, Zweck und Ursache gibt. Wenn auch nach Aristoteles der Stoff und die Form ineinenader übergehen können, können sie trotzdem auch voneinander völlig getrennt werden, z. B. wie das formlose „*proté hylé*" oder der thomistich aufgefasste Gott oder die Seele des Toten als blosse stofflose Form. Die aristotelsche Auffassung der Beziehung von Stoff und Form, von Substrat und Gestalt ist also nicht dialektisch, sondern dualistisch. Der dialektische Materialsmus fasst die Beziehung von Gehirn und Psychik als gegenseitige dialektische Beziehung der materiellen Grundlage und der ideellen Abbildung auf, die auf die Grundlage rückwirkt.

Die Nervenmaterie und ihre Dynamik werden vor allem in den Gehirnpartien organisiert und gestaltet, wo sich die meisten Erregungsprozesse abspielen, wo sich die optimale Erregbarkeit befindet. Hier entspringen auch die bewussten Erlebnisse, die Bewusstseininhalte, die Informationen. Strukturell-funktionelle Änderungen der Gehirnmaterie bei der Exposition durch das bewusste Erlebnisswerden als Erfahrungs- und Gedächtnisgestalt petrifiziert: so können wieder von neuem aktualisiert werden und dann beeinflussen oder lenken sie irgendwelche Vorstellungs- oder Willensprozesse. Ähnlich wie die chemischen Prozesse eine andere Richtung, Gestalt und einen anderen Sinn in einem biologischen System bekommen, werden auch die biologisch-physiologischen Prozesse im Rahmen des menschlichen, mit Psychik begabten Wesens organisiert; die höhere psychische Form existiert nicht ohne niedrigere physiologische Form, sie umfasst sie, aber erschöpft sich nicht durch sie. Das Psychische und das Physische befindet sich im Menschen in der Rückkopplungsbeziehung des Psychischen und des Somatischen. Die aufgenommene und lenkende Information (in der Zentralpartie des Reflexbogens) existiert auch in den niedrigeren Stufen des zentralen Nervensystems; jedes Organ und jede Zelle sind gleichfalls Lenkungssysteme des menschlichen Wesens. Das Bewusste bildet dann den Gipfel der Hierarchie dieser Subsysteme.

Die psychophysische Beziehung kann man als Beziehung zwischen der bewussten Information und dem Gehirnsubstrat, namentlich zwischen der bewussten Information und der Erregungsenergie auffassen. Das psychophysische Problem kann mit Hilfe der Beziehung von Information und Energie erläutert werden.

2. Im allgemeinen kann man die Information als Geordnetheit, als Gestaltung eines Systems von Elementen, sei es einer Nachricht oder eines Organismus usw. auffassen. Die Gehirnmaterie ist ein System von verschieden gebundenen Neuronen, in dem die objektive Realität, einschliesslich des Menschenkörpers und der Willenshaltungen zu dieser Realität wiedergespiegelt wird. Die Anordnung im Gehirn (einschliesslich verschiedener durch das Gehirn wirkender Einflüsse) beeinflusst den Umfang der Bewusstseinsinhalte und die aktuellen Bewusstseinsprozesse wirken wieder auf die Gehirnanordnung zurück. Die bewussten Erlebnisse, die bewussten Tatsachen kann man als resultierende Information, die aus sich zusammensetzenden physiologischen Signalen hervorgeht, auffassen. Diese Information formt eine gewisse Gestalt im Gehirnsubstrat. Die Basis der bewussten Gestaltbildung ist die Erregungs-

und Hemmungstätigkeit des Gehirns und das Entstehen von Kontrasten zwischen den höheren und niedrigeren Erregungsniveaus bei Wahrnehmungs- und Denkprozessen. Wenn der Unterschied zwischen den erregten und gehemmten Partien, zwischen den Erregungsniveaus herabgesetzt wird, wird die Verteilung der Erregungsenergie gleichmässiger, keine Gestalt wird gebildet und keine Information durch das Bewusstsein erlebt — wie z. B. bei der Ohnmacht oder im tiefen Schlaf. Für die bewusste Information ist also nicht nur das materielle Substrat, auf dem sie realisiert werden kann, sondern auch die Kontrastbildung in der Gehirnmaterie wichtig.

Die Gestaltung der bewussten Information hat die Bildung einer gewissen Struktur physiologischen Charakters zur Basis, deren Unterlage die Erregungs- und Hemmungstätigkeit der Nervenfasern und Synapsen, und weiters die Tätigkeit komplizierter Gebilde ist — Erregungsherde, Erregungszentren, die aus einer grossen Zahl von Neuronen und synaptischen Kombinationen zusammengesetzt sind. Diese Herde erhöhter Erregbarkeit wurden von Uchtomskij Dominanten benannt. Um einen solchen Herd in Tätigkeit zu setzen, muss ein gewisses Niveau seiner Erregung erreicht werden, wobei die Erregungsenergie des Reizes mit der latenten Erregungsenergie der umliegenden, relativ schwächeren Herde aus, die sie unterdrückt. Die Bewusstseinsschwelle überschreiten nur Prozesse maximaler Erregbarkeit, die bewusste Information entsteht bei der Hemmung von anderen Gehirnprozessen, respektive Herdzentren. Die Schwellenfunktion des Bewusstseins trifft auch eine Auswahl zwischen den Gehirnprozessen, übt eine dem Maxwellschen Dämon ähnliche Tätigkeit aus, hemmt auch die unerwünschten subkortikalen und unterbewussten Prozesse und nützt ihre Erregungsdynamik aus. Die Wahrnehmung- und Denkprozesse stützen sich auf die Differenz zwischen Figur und Hintergrund, auf den Kontrast verschiedener Erregungsniveaus. Die Beziehung zwischen dem Psychischen und dem Physiologischen könnte man als Beziehung zwischen der bewussten Information und der Erregungsdynamik resp. Erregungsenergie auffassen. Nun ein Teil der Erregungsenergie des Gehirns geht in die Information des Bewusstseins über, und zwar der Teil, dem es gelingt sich zu konzentrieren und die Bewusstseinsschwelle zu überschreiten. Im tiefen Schlaf wird die Erregungsenergie zerstreut, die bewusste Information nicht gebildet, die gegenseitige Induktion von Erregung und Hemmung und die genügende Summierung der Erregungsenergie nicht realisiert.

Ein Teil der Erregungsenergie bleibt bei den psychischen Prozessen unausgenützt, ähnlich wie z. B. ein Teil der Wärmeenergie in der Dampfmaschine unausgenützt bleibt. Dieser Teil trägt also keine Information, er ist redundant. Das Gehirn ist also keine völlig volkommene energetisch-logische Maschine, es ist kein *perpetuum mobile*. Die bewusste Information bildet einen Gipfel, der sich auf einen breiten Hintergrund der vagen, unbewussten Erregungsdynamik stützt. Der Gesamtumfang der Erregungsenergie spaltet sich in den effektiven Teil — in die bewusste Information, und in den ineffektiven Teil — in die unbewusste Erregungsdynamik, die den Hintergrund dieser Information bildet. Zwischen der Information und der Erregungsenergie besteht eine gewisse Beziehung, die vorläufig schwer zu bestimmen ist; vielleicht könnte sie z. B. der bekannten Weber-Fechnerschen logarithmischen Beziehung zwischen Reiz und Empfindung entsprechen, vielleicht aber auch

einer anderen Beziehung, z. B. dem konstanten Produkt; vorderhand ist es schwierig sie experimentell zu beweisen.

3. Zur Entstehung der bewussten Information ist es nötig das durch den Erregungshintergrund gegebene Unbestimmtheitsfeld zu reduzieren, also eine gewisse Auswahl zu treffen, eine gewisse Arbeit zu leisten. Die bereits erworbene und aufbewahrte Information könnte deshalb der Zahl der ersparten Entscheidungsschritte oder zu ihrer Durchführung nötigen Energie, die zu ihrer Entstehung notwendig wären entsprechen. Keine Gestalt der bewussten Information kann sich aber ohne Erregungshintergrund, ohne das unbewusste Feld der Erregungsdynamik, die ihr Keimstoff, ihr Mutterboden, aus dem sie entstent, nicht behelfen. Jede bewusste Informationsgestalt ist mit zahlreichen unbewussten Zusammenhängen verbunden. Das Verhältnis dieser Gestalt zum unbewussten Unbestimmtheitsfeld wechselt verschiedenartig. Es scheint, dass das Quantum der bewussten Information der ersparten Energie so entsprechen könnte, dass die energetische geringe Ersparnis an Energie als Folgerung einer geringeren Stufe der Anordnung des Gehirns den Umfang der aktuellen Information vermindern würde. Übrigens kann man voraussetzen, dass die informationstheoretische Entropie der thermodynamischen nicht nur formal entspricht.

Die Beziehung zwischen Information und Erregungsenergie könnte man an Gedächtnisprozessen erläutern. Bei der Gedächtnisaufnahme der Information handelt es sich wahrschenlich um eine Transformation eines Teiles der aktuellen Erregungsenergie in die potentielle Erregungsenergie der Spur, also um die Aufbewahrung eines Teiles der Energie der stattgefundenen Erregung; die Gedächtnisspeicherung wirkt also gegen die Entropiezunahme. Das Gedächtnis ermöglicht die Erhöhung des Niveaus potentieller Erregungsenergie im Gehirn, sein Wesen ist die Herdbildung mit höherem Energieniveau und mit niedrigeren Reizungsschwellen. Die Gedächtnisfixation und Retention beruht wahrscheinlich in einer Überführung der Erregungsprozesse in die potentielle (tote) Information struktureller Natur; die Gedächtnisreproduktion überführt wieder diese Information in die Erregungsprozesse und in die aktuelle Information. Die aktuelle, lebendige Information des bewussten Erlebnisses transformiert sich beim Speicherungsprozess in eine potentielle, tote Gedächtnisinformation. (Die Fixation kann im allgemeinen manchmal natürlich auch unterbewusst geschehen, aber die Erkenntnis — und Denkprozesse gehen nicht ohne Teilnahme des Bewusstseins vor sich; die Bewusstseinprozesse als Prozesse maximaler Erregbarkeit hinterlassen schärfste Spuren in der Gehirnmaterie). Wenn bei einem Errinerungsprozess die Errengungsfläche gewisser Gedächtnisherde sich über die Bewusstseinschwelle erhebt, reenergetisiert sich die potentielle Information, belebt und aktualisiert sich wieder ins Bewusstsein.

Im Bewusstsein als Austrittsglied des Kommunikationskanals überschreitet die Erregungsenergie eine bestimmte Schwelle und wird zum Träger der bewussten Information, die im Gedächtnis aufbewahrt wird; diese Information ist von der Energie nicht unabhängig, eher würde man sagen, dass es sich hier um eine höher organisierte Energie als auch bloss physiologischer Stufe handelt; die Anordnung ermöglicht, dass auch ein kleines Quantum von Energie eine grosse, verstärkende Wirkung hat. Die potentielle, im Gedächtnis als organisierte Struktur, als potentielle Erregungsenergie aufbewahrte

Information transformiert sich beim Errinnerungsprozess in aktuelle Information auf soche Weise, dass sie die aktuelle Erregungsenergie reguliert resp. summiert. (Bei Willensprozessen kommt es zur Übertragung der Information nicht nur in die aktuelle Erregungsenergie, resp. zu deren Lenkung und zur Organisierung der Tätigkeit der Gehirnmaterie, sondern auch zur Organisierung der Muskeltätigkeit und dann zur Lenkung der Prozesse in der objektiven Realität).

Die Signalreihenfolge integriert im Gedächtnis zu einer Gestalt, die Zeitreihe wird verdichtet, das Historische in das Logische, Strukturelle transformiert. Beim Erinnern wird diese Reihe wieder abgewickelt, das Logische, Strukturelle geht wiederum in das Historische, Zeitliche über.

Die Erfahrungs- und Gedächtniszunahme, die Zunahme von Erkenntnisvorrat im Gehirn wird mit der Zunahme der Anordnung im Gehirn, mit der Zunahme der energetischen Ersparnis des Gehirns verbunden, denn sie bedeutet Akkumulation und Kondensation der Information im Gehirn.

Die Transformation der physiologischen Prozesse in psychische, die Transformation der Erregungsenergie in bewusste Information bedeutet eine Erhöhung des Erregbarkeitsniveaus gewisser Herde, wobei das Niveau anderer Herde kleiner wird. Mit der Erfahrungszunahme kann aber ein immmer grösserer Umfang aktueller Information die Bewusstseinschwelle überschreiten (d.h. eine gewisse Erkenntnis wird immer reicher), was durch erhöhte Energieersparnis ermöglicht wird. Ein grösseres Quantum der Erregungsenergie wird zum Träger der aktuellen Information, es kommt hier zu einer Redundanzverminderung.

Man könnte sich hypothetisch ein ideales Gehirn mit einem idealen Gedächtnis, d.h. mit einem idealen Informationsspeicher oder mit maximalem Erkenntnisvorrat vorstellen: Die gesamte Erregungsenergie würde hier die aktuelle Information tragen, die Redundanz also ist hier null und die Leistungsersparnis maximal. Hier wäre keine Spaltung der Summe der Erregungsenergie in einen effektiven und einen ineffektiven, redundanten Teil, der bewusste Inhalt würde hier keine unbewusste Dynamik in den Hintergrund drängen, d.h. die gesamte Erregungsenergie wäre zugleich Information. Im absoluten Gedächtnis würde die historisch erworbene Information in der logischen, strukturellen Gestalt kondensiert, deshalb wäre hier auch die Zeitcharakteristik verändert: Wenn wir die immer mehr im zunehmenden Gedächtnis sich kondensierende Information und die immer mehr mit zunehmender Geschwindigkeit dilatierende Zeit aneinander reihen würden, würde die völlig dilatierte Zeit der Zeitcharakteristik des absoluten Gedächtnisses entsprechen.

Die bewusste Information kann man als eine Äusserung der höchst organisierten Materie, als die höchste Organisiertheit der Bewegung auffassen. Sie hängt also mit Organisation und Dynamik, mit Struktur und Funktion zusammen. Das Psychische und das Physiologische kann nicht gegenseitig aufeinander reduziert werden, ebensowenig wie die bewusste Information und die Erregungsenergie. Die Beziehung beider ist ein schwieriges Problem, welches aber hoffentlich mit Hilfe der Informationstheorie und der Neurophysiologie gelöst werden wird.

CIBERNETICA ȘI PROBLEMA PSIHO-FIZICĂ

Rezumat

1. Cibernetica aduce, între altele, impulsuri pentru explicarea problemei psiho-fizice. Trebuie să refuzăm soluțiile unilaterale ale acestei probleme, soluții care reduc psihicul la fiziologic (mecanicismul) sau dimpotrivă, fiziologicul la psihic (idealismul). Dualismul desparte în mod injust psihicul și fiziologicul și le concepe ca două substanțe (cartesianismul) sau ca părți independente (paralelismul psiho-fizic). Concepția științifică este cea a materialismului dialectic, după care relația dintre fiziologic și psihic este relația dialectică dintre substrat și formă sau dintre substanță și funcție, care nu pot fi niciodată separate una de alta — în opoziție cu concepția aristotelică și tomistă a relației dintre materie și formă. Problema relației dintre materie și informație, ridicată de cibernetică, este importantă și pentru problema relației dintre fiziologic și psihic.

2. Informația poate fi înțeleasă în general ca orînduire sau formă a unui sistem de elemente fie că e vorba de un mesaj sau de un organism viu etc. Faptele de conștiință pot fi concepute ca informație rezultantă constituind o anumită formă în substratul cerebral. Baza acestei constituții a formei este activitatea de excitație și inhibiție și producerea contrastului între nivelele excitatorii mai ridicate și mai joase în creier cu ocazia procesului percepției și al gîndirii. În caz de distribuție egală a energiei excitatorice (somn profund, inconștiență), forma nu este constituită, nu se simte nici o informație. Substratul material este necesar pentru informația conștientă, această informație nu poate exista fără dînsul.

3 Substanța înregistrărilor informației în memorie poate fi văzută (găsită) în ridicarea nivelului energiei excitatorii potențiale în creier, adică în producția de centre (focare) cu nivel energetic mai ridicat și cu praguri de excitație mai joase. Informația actuală (vie) a conștiinței este transformată cu ocazia procesului de retenție în informație potențială (moartă) a memoriei care este reenergetizată cu ocazia evocării (amintirilor) cînd nivelul excitatoriu al anumitor centri devine mai ridicat decît pragul conștiinței și informația se reactualizează. Creșterea experienței înseamnă acumularea și condensarea informației în creier, ceea ce se însoțește de o creștere de economie energetică și de scăderea redundanței. Transformarea proceselor fiziologice în psihice, în informație conștientă, înseamnă ridicarea nivelului energiei excitatorii a anumitor centre cerebrale și scăderea nivelelor altor centre. Pe măsura creșterii experienței, un volum din ce în ce mai mare de informație actuală poate depăși pragul conștiinței.

КИБЕРНЕТИКА И ПСИХО-ФИЗИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

Краткое содержание

1. Кибернетика дает талчок и к объяснению психо-физических вопросов. Мы должны отклонить односторонние решения этой проблемы, решения, которые сводят психическое к физиологическому (механицизм) или, напротив, физиологическое к психическому (идеализм). Дуализм неправильно разделяет психическое и физиологическое, понимая их как отдельные субстанции (картезианство) или независимые части (психо-физический параллелизм). Наиболее подходящей является концепция диалектического материализма, согласно которой отношение между физиологическим и психическим — это диалектическо отношение между субстратом и формой или субстанцией и функцией, которых нельзя отделать друг от друга. Всё это прямо противоположно аристотелевской и томистской концепции о соотношении между материей и формой. Проблема связи материи и информации, поставленная кибернетикой, имеет значение и для вопроса отношения между физическим и психическим.

2. Информацию можно понять вообще как урегулирование или форму какой-либо системы элементов, независимо от того, относится ли это к сообщению или же к живому организму. Факты сознания могут быть представлены в виде производной информации, составляющие особую форму в мозговом субстрате. Основой структуры их формы является раздражительная и тормозительная деятельность и возникновение в мозгу контраста между более высокими и более низкими раздражительными уровнями в процессе восприятия и мышления. В случае равномерной дистрибуции раздражительной энергии (крепкий сон, бессознание) формы не возникает и никакой информации не получается. Материальный субстрат необходим для сознательной информации; без него последняя существовать не может.

3. Субстанцию отложений информации в памяти можно видеть в поднятии уровня потенциальной раздражительной энергии в мозгу, т. е. в производстве очагов с более высоким энергетическим уровнем и более низким раздражительными порогами. В связи с процессом задержки актуальная (живая) информация сознания превращается в потенциальную (мертвую) информацию памяти, которая вновь становится энергетической при воспоминании, когда раздражительный уровень определенных центров превышает порог сознания, а информация реактуализируется. Рост опыта означает накопление и сгущение информации в мозгу, что сопровожается ростом энергетической экономии и понижением избыточности. Превращение физиологических процессов в психические, в сознательную информацию означает повышение уровня раздражительной энергии одних мозгових центров и понижение уровней других. По мере роста опыта количество всё большей актуальной информации может превышать порог сознания.